

# 溶液の性質

## 一、溶解

### 1. 溶液と溶解

物質が液体中に均一に溶け込む現象を溶解という。溶けている物質を溶質、液体を溶媒といい、溶解によってできた混合物を溶液という。

### 2. 溶解の仕組み

#### (1) イオン結晶の溶解

イオン結晶は、水中で電離してできたイオンが、水分子と水和することによって溶解する。

- 電離：物質が水溶液中でイオンに分かれる現象。  
電解質：水などの液体に溶けて電離する物質。  
非電解質：水などの液体に溶けて電離しない物質。

#### (2) 分子の溶解

極性があり、水和されやすい部分（親水基）をもつ分子は、水分子と静電気的な引力で結び付く。

- 極性分子の溶解：極性の強い分子は水中で電離し、電離したイオンは水和によって安定化され、水によく溶ける。  
非電解質の溶解：分子全体として電離はしないが、分子内に親水基をもち、水分子との相互作用で溶解する。

### 3. 固体の溶解度

#### (1) 溶解平衡

溶解の速さと析出の速さが等しくなり、見かけ上溶解も析出も起こらない状態を溶解平衡という。

#### (2) 飽和溶液

溶媒に溶質が限界まで溶けた溶液を飽和溶液という。飽和溶液では溶解平衡が成立している。

#### (3) 固体の溶解度の表し方

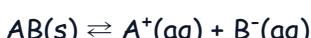
溶媒 100 g に溶ける溶質の最大質量 g で表す。

一般に、温度が高いほど溶解度が大きくなるものが多い。

#### (4) 溶解度積 $K_{sp}$

難溶性塩の飽和水溶液では、固体  $\rightleftharpoons$  イオンの間で溶解平衡が成り立っている。このとき、平衡にあるイオンのモル濃度を用いて定義される定数を溶解度積という。

例えば、1 値の陽イオン  $A^+$  と 1 値の陰イオン  $B^-$  からなる塩  $AB$  が



と電離しているとき、溶解度積  $K_{sp}$  は次のように定義される

$$K_{sp} = [A^+][B^-]$$

より一般に、塩  $A_aB_b$  が  $A_aB_b(s) \rightleftharpoons a A^{z+}(aq) + b B^{z-}(aq)$

と電離するとき、

$$K_{sp} = [A^{z+}]^a[B^{z-}]^b$$

溶解度積は温度によってのみ決まり、同じ温度では一定の値をとる。

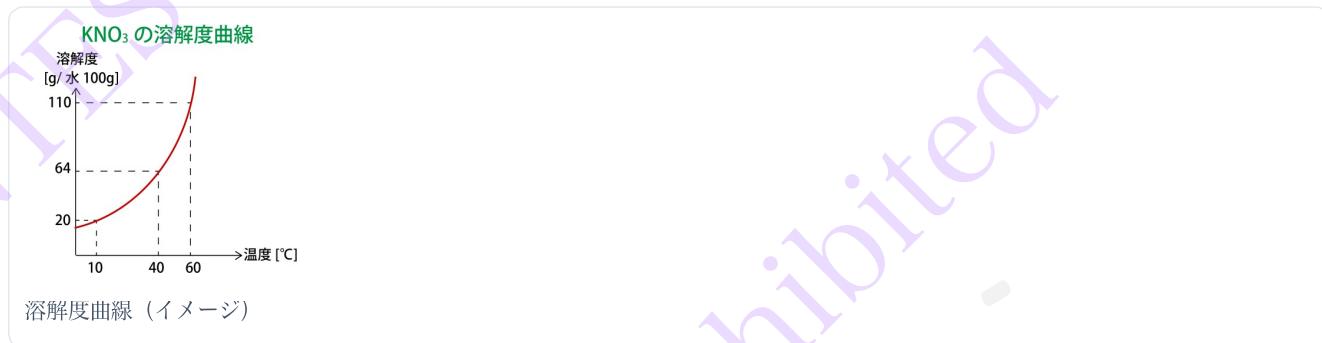
溶解度  $s$  (mol/L) とイオン濃度の関係の例：

- $\text{AgCl}$  :  $\text{AgCl}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$  のとき、 $[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = s$  より、 $K_{sp} = s^2$
- $\text{CaF}_2$  :  $\text{CaF}_2(s) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + 2\text{F}^-$  のとき、 $[\text{Ca}^{2+}] = s$ ,  $[\text{F}^-] = 2s$  より、 $K_{sp} = 4s^3$

溶解度積を用いると、沈殿が生じるかどうかの判定や、難溶性塩の溶解度の計算を行うことができる。

### (5) 溶解度曲線

溶解度と温度との関係を表すグラフを溶解度曲線といふ。



### (6) 溶解度と質量百分率

溶質の質量を  $w_{\text{質}}$ 、溶液の質量を  $w_{\text{液}}$ 、溶媒の質量を  $w_{\text{媒}}$  とし、溶解度を  $s$  (g / 100 g 水) とすると、

飽和溶液 100 g 中の溶質の質量百分率 :

$$w_{\text{質}}/w_{\text{液}} = s/(100 + s), w_{\text{質}}/w_{\text{媒}} = s/100$$

#### 【計算問題 — 溶解度について】

**例1:**  $\text{NaCl}$  の溶解度は、80°Cで 38 g である。80°Cの  $\text{NaCl}$  飽和溶液 100 g から同温度で水を 20 g 蒸発させたとき、析出する  $\text{NaCl}$  の質量は何 g か。

**例2:** 硫酸銅(II)  $\text{CuSO}_4$  の溶解度は、80°Cにおいて 56 g である。硫酸銅(II)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  100 g を完全に溶解させて 80°Cの飽和水溶液をつくるには、何 g の水が必要か。 $(\text{H}=1, \text{O}=16, \text{S}=32, \text{Cu}=64)$

#### 【計算問題 — 温度変化による結晶の析出量】

**例1:**  $\text{KNO}_3$  の溶解度は、20°Cで 30 g, 80°Cで 160 g である。80°Cの  $\text{KNO}_3$  飽和溶液 100 g を 20°Cまで冷却したとき、析出する  $\text{KNO}_3$  結晶の質量は何 g か。

**例2:** 硫酸銅(II)  $\text{CuSO}_4$  の溶解度は、60°Cで 40 g, 20°Cで 20 g である。60°Cの  $\text{CuSO}_4$  飽和溶液 280 g を 20°Cに冷却したとき、析出する硫酸銅(II)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の質量は何 g か。ただし  $\text{Cu}=64, \text{S}=32, \text{H}=1, \text{O}=16$  とする。

## 4. 気体の溶解度

### (1) 気体の溶解

一般に、温度が低く、溶媒に接する気体の圧力が高いほど、気体は溶けやすい。

## （2）気体の溶解度の表し方

気体の溶解度は、圧力が  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  のとき、溶媒 1 L に溶ける気体の物質量や質量、または標準状態における体積で表す。

## （3）ヘンリーの法則

溶媒と反応せず、溶解度の小さい気体では、温度が一定のとき、一定量の溶媒に溶ける気体の分子数・物質量・質量は、その気体の圧力に比例する。

混合気体の場合は、その気体の分圧に比例する。

**問15**  $20^\circ\text{C}$ で酸素  $\text{O}_2$ は、その分圧 (partial pressure) が 1 atm のとき、水 1 L に  $1.38 \times 10^{-3}$  mol 溶ける。同温で、酸素分圧 0.2 atm で酸素を飽和させた水 100 L に溶けている酸素は何 g か。次の①～⑤の中から、最も近い値を一つ選びなさい。

**15** g

- ① 0.88    ② 1.10    ③ 1.77    ④ 3.53    ⑤ 4.42

例1

**例2：**  $20^\circ\text{C}, 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  で、水 1.0 L に対する窒素  $\text{N}_2$  の溶解度は  $6.8 \times 10^{-4} \text{ mol}$  である。同じ温度で、 $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  の空気が水 2.0 L に接しているとき、水に溶けている窒素の質量は何 g か。

## 二、希薄溶液の性質

### 1. 蒸気圧降下

不揮発性の物質を溶かした希薄溶液の蒸気圧は、純溶媒の蒸気圧より低くなる。この現象を蒸気圧降下という。

### 2. 沸点上昇

#### （1）沸騰と沸点

一定の大気圧のもとで液体を加熱していくと、温度が高くなるにつれて蒸気圧が高くなる。蒸気圧が大気圧に等しくなると、液体の表面だけでなく内部からも蒸発が起こる。この現象が沸騰であり、沸騰の起こる温度が沸点である。

#### （2）沸点上昇

不揮発性の物質を溶かした希薄溶液の沸点は、純溶媒の沸点より高くなる。この現象を沸点上昇とい。これは蒸気圧降下による。

希薄溶液の沸点上昇度  $\Delta t_b$  は、溶解しているすべての溶質粒子の質量モル濃度  $m$  に比例する。

$$\Delta t_b = K_b m$$

- $K_b$ ：モル沸点上昇（溶媒の種類に固有の値）。濃度が 1 mol/kg のときの沸点上昇度。
- $m$ ：質量モル濃度 (mol/kg)

質量モル濃度  $m$  を求める際は、電離や会合の効果を考える必要がある。

例：（沸点上昇を利用した計算問題）

### 3. 凝固点降下

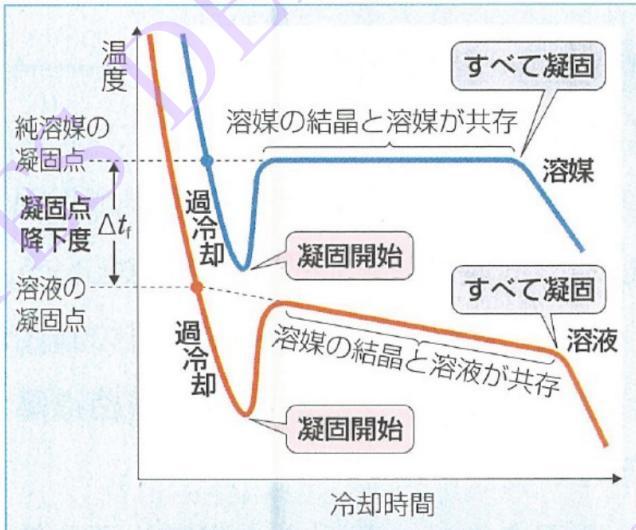
不揮発性の物質を溶かした希薄溶液の凝固点は、純溶媒の凝固点より低くなる。この現象を凝固点降下という。

希薄溶液の凝固点降下度  $\Delta t_f$  は、溶解しているすべての溶質粒子の質量モル濃度  $m$  に比例する。

$$\Delta t_f = K_f m$$

- $K_f$  : モル凝固点降下 (溶媒の種類に固有の値)。濃度が  $1 \text{ mol/kg}$  のときの凝固点降下度。質

量モル濃度  $m$  を求める際は、電離や会合の効果を考える必要がある。



▲図a 冷却曲線

603冷却曲線

例1：

問 10 次の水溶液(a)～(c)を凝固点 (freezing point) の低い順に並べたとき、正しいものを下の①～⑥の中から一つ選びなさい。 10

- (a) 0.1 mol/kg CaCl<sub>2</sub> aq
- (b) 0.1 mol/kg NaCl aq
- (c) 0.1 mol/kg (NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO aq

- |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|
| ① a < b < c | ② a < c < b | ③ b < a < c |
| ④ b < c < a | ⑤ c < a < b | ⑥ c < b < a |

604

例2：

次の①～⑤の物質1gを、それぞれ1Lの水に溶かした溶液のうち、凝固点が最も高いものはどれか。(H=1, C=12, N=14, O=16, K=39, Ca=40, Cl=35.5)

1. グルコース
2. 硝酸カリウム
3. 尿素
4. 塩化カルシウム
5. スクロース

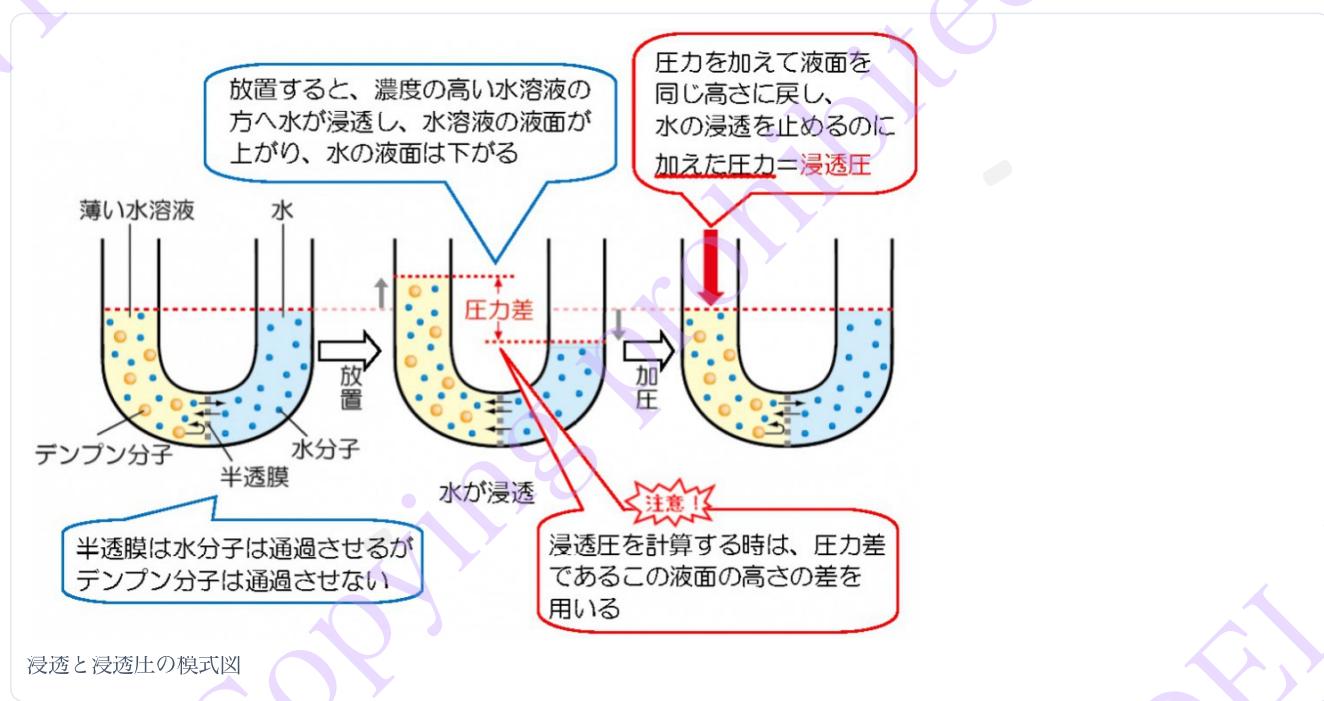
**例3：**ベンゼン50gに非電解質の物質A 0.42gを溶かしたところ、溶液の凝固点は0.51°C降低了。ベンゼンのモル凝固点降低 $K_f$ は5.1K·kg/molであるとき、Aの分子量を求めよ。

## 4. 浸透圧 II

### (1) 浸透と浸透圧

半透膜：溶液中のある成分は通すが、他の成分は通さない膜。例：セロハン膜。

浸透：水分子が半透膜を通って水溶液側に移動する現象。



### (2) ファントホップの法則

希薄溶液の浸透圧は溶液のモル濃度と対温度に比例し、溶媒や溶質の種類には無関係である。電解質水溶液の場合は、生じたイオンと電離しないで残った溶質を合わせた全体のモル濃度と絶対温度とに比例する。

$$\Pi V = nRT$$

$$\Pi = (n/V)RT = cRT$$

- $\Pi$  : 浸透圧
- $V$  : 溶液の体積
- $n$  : 溶質の物質量
- $c$  : モル濃度 ( $n/V$ )

### (3) 浸透圧と分子量

浸透圧の測定は、デンプンなど高分子の平均分子量の測定によく利用される。

#### 問4 非電解質Xの分子量を求めるため、次の実験を行った。

まず、尿素 0.12 g を水に溶解し、全量を 200 mL とした水溶液の浸透圧を測定したところ、 $2.4 \times 10^4$  Pa であった。次に、非電解質X 0.12 g を水に溶解し、全量を 200 mL とした水溶液の浸透圧を同じ温度で測定したところ、 $8.0 \times 10^3$  Pa であった。非電解質Xの分子量はいくらか。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、尿素は非電解質であり、分子量は 60 とする。

4

① 20  
④ 120

② 30  
⑤ 180

③ 90

例題

例：

### 三、コロイド

#### 1. コロイド粒子

分散媒中に分散している粒子のうち、粒径が 1 nm 程度から 100 nm 程度のものをコロイド粒子という。このような粒子が分散した系をコロイド溶液（コロイド）という。

分散系  $\begin{cases} \text{分散質} & \text{コロイド粒子として分散している物質(溶質に相当).} \\ \text{分散媒} & \text{コロイド粒子を分散している液体(溶媒に相当).} \end{cases}$

607

#### 2. コロイドの分類

##### (1) 分散質と分散媒による分類

名称	分散媒	分散質	例
気体コロイド (エアロゾル)	気体	液体	例 雲、霧
		固体	例 煙、粉塵
液体コロイド (コロイド溶液)	液体	気体	例 ビールの泡
		液体	例 牛乳、マヨネーズ
		固体	例 泥水、墨汁、ペンキ
固体コロイド	固体	気体	例 軽石、スポンジ、活性炭
		液体	例 ゼリー、寒天
		固体	例 着色ガラス、ルビー、合金の一部

608

##### (2) 流動性による分類

ヅル	流動性のあるコロイド溶液(分散媒が液体). 例 各コロイド溶液
ゲル	ヅルが加熱や冷却で固化したもの. 例 豆腐, こんにゃく

609

**(3) 水和性による分類**

- 疎水コロイド：水和しにくいコロイド。例：金属の水酸化物、粘土など（主に無機物質）。
- 親水コロイド：水和しやすいコロイド。例：デンプン、タンパク質など（主に有機物質）。

**(4) 構造による分類**

分子コロイド	1個の高分子化合物がコロイド粒子。 例 デンプン水溶液、タンパク質水溶液
会合コロイド (ミセルコロイド)	多数の分子が会合してきたコロイド粒子（ミセル）。 例 セッケン水
分散コロイド	水に不溶の粒子が集まってできたコロイド粒子。 例 $\text{Fe(OH)}_3$ 、金、泥

610

**3. コロイド溶液の性質****(1) チンダル現象**

コロイド溶液に光を当てると、光の通路が明るく見える現象をチンドル現象という。コロイド粒子による光の散乱が原因である。

**(2) ブラウン運動**

コロイド粒子が、水分子などとの衝突によって不規則な熱運動を行う現象をブラウン運動という。

**(3) 電気泳動**

電場中でコロイド粒子が帶電して電極の一方へ移動する現象を電気泳動という。

**(4) 透析**

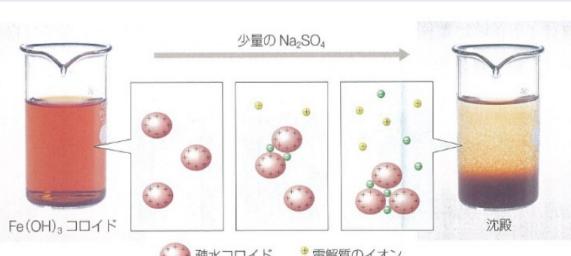
半透膜を用いて、コロイド粒子とそれより小さいイオンや分子とを分離する操作を透析という。

**(5) 保護コロイド**

疎水コロイドに親水コロイドを加えると沈殿しにくくなる。このような働きをもつ親水コロイドを特に保護コロイドという。

**(6) 疎水コロイドと凝析**

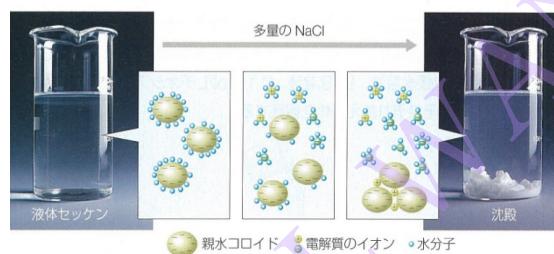
疎水コロイドに少量の電解質を加えると沈殿する現象を凝析という。



611

**| (7) 親水コロイドと塩析**

親水コロイドに多量の電解質を加えると沈殿する現象を塩析という。



612